

Beschreibung

Verfahren zur Drehrichtungsumkehr bei Zweitaktmotoren

Die Erfindung befasst sich mit einem Verfahren zur Umkehr der Laufrichtung eines Zweitaktmotors, dessen Drehzahl und Kurbeltriebstellung mit Hilfe einer geeigneten Sensorik erfasst werden, wobei zur Umkehrung der Drehrichtung zunächst die Zündung und/oder die Kraftstoffzufuhr abgeschaltet werden und beim nachfolgenden Auslaufen des Motors bei Unterschreiten einer bestimmten Grenzdrehzahl und nach gegebenenfalls erfolgter Wiederaufnahme der Kraftstoffzufuhr eine gezielte Frühzündung gesetzt wird, die die Drehrichtung des Motors umkehrt, und nachfolgend die Zündung und die Kraftstoffzufuhr entsprechend der umgekehrten Laufrichtung gesteuert werden.

Ein solches Verfahren zur Umkehr der Laufrichtung eines Zweitaktmotors aus dem Betrieb heraus ist bereits bekannt. Die für die Steuerung notwendige Bestimmung der Laufrichtung erfolgt dabei mit wenigstens zwei Hall-Sensoren, wobei aus der zeitlichen Abfolge der Sensorsignale neben der Bestimmung der Drehzahl auch eine Drehrichtungs- und Positionsbestimmung der Kurbelwelle möglich ist. Neben den erhöhten Kosten für den zweiten Sensor erhöhen sich auch die Kosten für die Montage des zweiten Sensors, der ebenfalls an eine Steuerlogik anzuschließen ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Umkehr der Laufrichtung eines Zweitaktmotors zu schaffen, das mit nur einem Sensor arbeitet.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art gelöst, bei welchem ein einziger Sensor mit einem Inkrementalgeber mit einer bestimmten Anzahl gleichmäßig über einen Umfang verteilten Gebersegmenten und

einer Lücke zusammenwirkt und mit Hilfe der Gebersegmente die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit des Kurbeltriebes über den Umfang ermittelt und die Lücke zur Bestimmung der absoluten Kurbeltriebstellung ausgewertet wird, wobei beim Auslaufen des Motors mit Hilfe des Inkrementalgebers die durch die Kompressions- und Expansionsphasen wenigstens eines Brennraums des Motors bedingten Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit des Kurbeltriebes während einer Umdrehung erfasst und einem bestimmten Gebersegment zugeordnet werden und aus der relativen Winkellage dieser Gebersegmente zu der Lücke die Drehrichtung bestimmt wird.

Das Verfahren nutzt die bei einem ohne Zündung und/oder Kraftstoffzufuhr auslaufenden Motor auftretenden zyklischen Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit, die aus dem Abbremsen des Kurbeltriebes während der Kompressionsphasen und einem leichten Wiederbeschleunigen während der Expansionsphasen resultieren. Das Erfassen dieser Schwankungen wird durch den Einsatz eines Inkrementalgebers möglich, dessen Gebersegmente in bestimmtem Winkelabstand vorgesehen sind, so dass sich aus dem zeitlichen Abstand der ausgelösten Signale über den Umfang mehrfach während einer Umdrehung die exakte Winkelgeschwindigkeit bestimmen lässt. Während des Auslaufens treten als Beispiel lokale Maxima und Minima der Winkelgeschwindigkeit auf, die bestimmten Gebersegmenten zugeordnet werden können, beispielsweise durch Zählen der Impulse seit dem letzten Passieren der Lücke des Inkrementalgebers. Dadurch erhält man neben der Lücke eine weitere Information über die Winkelstellung des Kurbeltriebes, wobei das zugeordnete Gebersegment je nach Drehrichtung des Motors eine unterschiedliche Segmentzahl von der Lücke entfernt liegt. Die Art des eingesetzten Sensors ist dabei unerheblich, es können sowohl Induktivsensoren als auch Hall-Sensoren, die beispielsweise mit Zähnen als Gebersegmenten zusammenwirken, oder auch sonstige Sensoren, beispielsweise optisch wirkende Sensoren ein-

gesetzt werden, die mit einer Lochscheibe oder dergleichen als Inkrementalgeber zusammenwirken, wobei die Lücke in diesem Fall ein verschlossenes Loch ist.

Vorzugsweise wird nach einer erfolgten Drehrichtungsumkehr die Lage der Zünd- und gegebenenfalls Einspritzzeitpunkte der Kraftstoffzufuhr mit der Lücke des Inkrementalgebers neu synchronisiert. Dies kann zweckmäßig sein, um bei der Drehrichtungsumkehr eventuell entstehende Positionierungsfehler auszugleichen, da die Zahl der durch die Gebersegmente ausgelösten Impulse je nach Zahl der nach der Frühzündung noch infolge der Massenträgheit des Kurbeltriebes passiertten Gebersegmente in Vorwärtsrichtung schwanken kann. In der Regel kann die Synchronisation bereits während der ersten Umdrehung in der Gegenrichtung vorgenommen werden.

Weiterhin kann das Verfahren in der Weise weitergebildet sein, dass nach der Frühzündung nach wenigen Sensorsignalen ein Drehzahlanstieg erwartet wird, bei dessen Ausbleiben der Motor abgeschaltet wird. Bei erfolgreicher Drehrichtungsumkehr wird der Motor bereits bei seiner ersten Umdrehung in neuer Drehrichtung stark beschleunigt, was mit Hilfe des Inkrementalgebers durch den Sensor erfassbar ist. Dieser bei einem fehlerhaften Überschreiten des oberen Totpunktes nach der Frühzündung in der vorherigen Drehrichtung ausbleibende Drehzahlanstieg kann als Signal für das Abschalten des Motors herangezogen werden, um zu vermeiden, dass der noch vorwärts laufende Motor durch einen bei der nachfolgenden Umdrehung völlig falschen Zündzeitpunkt beansprucht wird.

Besonders bevorzugt wird das Verfahren bei einem Zweizylindermotor verwendet, dessen Zylinder um 180° am Kurbeltrieb versetzt angeordnet sind, wobei nach der Drehrichtungsumkehr die Zuordnung, d. h. die Ansteuerung der Zündung und gegebenenfalls der Kraftstoffeinspritzung, zwischen dem ersten und

dem zweiten Zylinder vertauscht wird. Denkbar wäre es zwar auch, die Ansteuerung der Zylinder rechnerisch zu verändern, jedoch ergibt sich durch das Vertauschen der besondere Vorteil, dass die meist ungefähr 90° vor dem oberen Totpunkt des ersten Zylinders mit Bezug auf die Vorwärtsdrehrichtung angeordnete Lücke des Inkrementalgebers auch beim Rückwärtslauf in relativ geringem Winkelabstand mit Bezug auf den tatsächlich dann beim zweiten Zylinder erfolgenden Zündvorgang liegt, wodurch sich Vorteile bei der Ansteuerung ergeben. Bei einem Einzylindermotor muss selbstverständlich nach der Drehrichtungsumkehr die Zündung und gegebenenfalls die Kraftstofffeinspritzung in einen geänderten Bezug zur Lage der Lücke des Inkrementalgebers gesetzt werden. Denkbar wäre unter Umständen auch das Vorsehen einer weiteren Lücke, die allerdings nicht die Positionsbestimmung des Kurbeltriebes in der zuvor beschriebenen Art und Weise erschweren darf.

Bei Mehrzylindermotoren kann je nach Versatz der den Zylindern zugeordneten Kröpfungen der Kurbelwelle die neue Zuordnung nach der Drehrichtungsumkehr durch paarweisen Tausch zwischen Zylindern geändert werden oder, beispielsweise bei einem Dreizylinder, wird die Zuordnung mit Bezug auf die Lücke des Inkrementalgebers neu bestimmt.

Ein weiterer Vorteil des Inkrementalgebers wird bei einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens eingesetzt, wonach nach der Abgabe der Frühzündung die Zahl der den Sensor passierenden Gebersegmente des Inkrementalgebers gezählt und bei Überschreiten einer bestimmten Grenzzahl der Motor abgeschaltet wird. Diese alternativ oder ergänzend zur Erfassung des Drehzahlanstieges mögliche Maßnahme kann ebenfalls zur Bewertung herangezogen werden, ob die Drehrichtungsumkehr des Motors erfolgreich war. Die Lücke des Inkrementalgebers liegt, wie bereits erwähnt, in der Regel bei bis ungefähr 90° vor dem oberen Totpunkt des Kolbens mit Bezug auf die Vor-

wärtsdrehrichtung. Die Frühzündung liegt beispielsweise bevorzugt ungefähr 50° vor dem oberen Totpunkt, d. h. ungefähr 4 bis 5 Gebersegmente nach der Lücke des Inkrementalgebers. Kehrt sich die Drehrichtung erfolgreich um, erfasst der Sensor bis zum erneuten Erreichen der Lücke auch bei Überspringen infolge der Massenträgheit des Kurbeltriebes erheblich weniger Segmente, als bei einem Überschreiten des Totpunktes mit einem nachfolgenden 270° -Umlauf des Inkrementalgebers. Wird die Lücke nach einer Anzahl von Sensorimpulsen in einer Anzahl ungefähr gleich einem Viertel der Gesamtzahl der Gebersegmente erfasst, kann von einer erfolgreichen Drehrichtungsumkehr ausgegangen werden.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch eine Sensorik, die eine Positionserfassung mit Hilfe eines über den Umfang gleichmäßig verteilte Gebersegmente aufweisenden Inkrementalgebers und einem Sensor ermöglicht. Erfindungsgemäß erfasst eine Steuerlogik beim nicht-angetriebenen Auslaufen des Motors durch die Kompressions- und Expansionsphasen des wenigstens einen Brennraums des Motors bedingte zyklische Schwankungen der erfassten Winkelgeschwindigkeit während eines Umlaufes und generiert durch Zuordnen dieser Schwankungen zu bestimmten Gebersegmenten des Inkrementalgebers eine Information über die Winkelstellung des Kurbeltriebes. Man kann mit einer solchen Sensorik, die sich zum Einsatz in verschiedenen Bereichen eignet, die Winkelstellung eines Kurbeltriebes bestimmen. Für den bevorzugten Einsatz bei einem Verfahren der zuvor beschriebenen Art weist der Inkrementalgeber vorzugsweise eine Lücke auf, die vorzugsweise durch Verkürzung oder Aussparung zweier Gebersegmente gebildet ist, die in Verbindung mit dem Sensor eine weitere Information über die Winkelstellung des Kurbeltriebes darstellt. Eine solche Sensorik ermöglicht mit der Zuordnung bestimmter Gradienten der Winkelgeschwindigkeit zu bestimmten Gebersegmenten und mit der Erfassung der Lücke neben einer Bestimmung der Momentandreh-

zahl und einer Bestimmung der Kurbeltriebstellung auch eine exakte Bestimmung der Drehrichtung, da der Winkelabstand zwischen dem ermittelten Gebersegment und der Lücke je nach Drehrichtung beim Auslaufen des Zweitaktmotors unterschiedlich ist.

Wie bereits erwähnt, ist die Lücke in Vorwärtslaufrichtung des Motors gesehen vorzugsweise 90° vor dem ersten oder einzigen Zylinders des Motors vorgesehen, um einerseits bei regulärem Lauf eine zeitnahe Auslösung der Zündimpulse zu ermöglichen und andererseits auch bei einer gewünschten Drehrichtungsumkehr noch den vorzugsweise ungefähr 50° vor dem oberen Totpunkt liegenden Frühzündung auslösen zu können.

Die im Fahrzeugbereich bisher verwendeten Inkrementalgeber besitzen in der Regel eine Aufteilung von 60 Zähnen über den Umfang, wobei die Lücke in der Regel zwei Zähne ausmacht, um sie mit Bestimmtheit erfassen zu können. Die erfindungsgemäße Sensorik weist vorzugsweise hingegen nur 36 über den Umfang verteilte Gebersegmente, vorzugsweise Zähne, auf, von denen zwei zur Bildung der Lücke weggelassen sind. Diese Anzahl von Gebersegmenten hat sich bei einer Anordnung an der Kurbelwelle eines Zweitaktmotors als vorteilhaft erwiesen, da sich bei einer üblichen Anzahl von 60 Zähnen eine zu hohe Interrupt-Belastung des Systems aufgrund der hohen Wiederholrate bei hohen Drehzahlen ergibt. Die Anzahl von ungefähr 36 Gebersegmenten hat sich dabei im Hinblick einerseits auf eine Senkung der Interrupt-Belastung des Systems und andererseits auf eine hinreichende Auflösung über den Umfang des Kurbeltriebes als besonders vorteilhaft erwiesen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umkehr der Laufrichtung eines Zweitaktmotors, dessen Drehzahl und Kurbeltriebstellung mit Hilfe einer geeigneten Sensorik erfasst werden, wobei zur Umkehr der Drehrichtung zunächst die Zündung und/oder die Kraftstoffzufuhr abgeschaltet werden und beim nachfolgenden Auslaufen des Motors bei Unterschreiten einer bestimmten Grenzdrehzahl und nach gegebenenfalls erfolgter Wiederaufnahme der Kraftstoffzufuhr eine gezielte Frühzündung gesetzt wird, die die Drehrichtung des Motors umkehrt und nachfolgend die Kraftstoffzufuhr und die Zündung entsprechend der umgekehrten Laufrichtung gesteuert werden, dadurch gekennzeichnet, dass ein einziger Sensor mit einem Inkrementalgeber mit einer bestimmten Anzahl gleichmäßig über einen Umfang verteilten Gebersegmenten und einer Lücke zusammenwirkt und mit Hilfe der Gebersegmente die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit des Kurbeltriebes über den Umfang ermittelt und die Lücke zur Bestimmung der Kurbeltriebstellung ausgewertet wird, wobei beim Auslaufen des Motors mit Hilfe des Inkrementalgebers die durch die Kompressions- und Expansionsphasen des wenigstens einen Brennraumes des Motors bedingten Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit des Kurbeltriebes während einer Umdrehung des Motors erfasst und einem bestimmten Gebersegment zugeordnet werden und aus der relativen Winkellage dieses Gebersegments zu der Lücke die Drehrichtung des Motors bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer Drehrichtungsumkehr die Lage der Zünd- und gegebenenfalls Einspritzzeitpunkte mit der Lücke des Inkrementalgebers neu synchronisiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Drehrichtungsumkehr nach einigen Sensorsignalen ein Drehzahlanstieg erwartet wird, bei dessen Ausbleiben der Motor abgeschaltet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es bei einem Zweizylindermotor mit 180° am Kurbeltrieb versetzten Zylindern eingesetzt wird und nach einer Drehrichtungsumkehr die Zuordnung zwischen dem ersten und dem zweiten Zylinder vertauscht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Motor mit mehr als zwei Zylindern die Zuordnung zwischen um 180° am Kurbeltrieb zueinander versetzt angeordneten Zylindern paarweise getauscht wird oder bei abweichendem Versatz der Zylinder die Zuordnung entsprechend dem Versatz mit Bezug auf die Lücke neu bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Einzylindermotor entsprechend der Lage der Lücke die Zuordnung entsprechend der Lage der Lücke bezüglich des oberen Totpunktes des Kolbens nach der Drehrichtungsumkehr steuerungstechnisch verzögert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Abgabe der Frühzündung die Zahl der den Sensor passierenden Gebersegmente des Inkrementalgebers gezählt und bei Überschreiten einer bestimmten Grenzanzahl der Motor abgeschaltet wird.
8. Sensorik mit einem Sensor und einem an einem rotierenden Bauteil eines Zweitaktmotors mit einem über den Umfang gleichmäßig verteilte Gebersegmente aufweisenden Inkre-

mentalgeber, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerlogik mit Hilfe des Inkrementalgebers beim Auslaufen des Motors durch die Kompressions- und Expansionsphasen des wenigstens einen Brennraums bedingte zyklische Schwankungen der erfassten Winkelgeschwindigkeit während eines Umlaufes erfasst und durch Zuordnung zu bestimmten Gebersegmenten des Inkrementalgebers eine Information über die Winkelstellung des Kurbeltriebes generiert.

9. Sensorik nach Anspruch 8, insbesondere zur Verwendung bei einem der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Inkrementalgeber eine Lücke aufweist, die eine weitere Information über eine Winkelstellung des Kurbeltriebes darstellt.
10. Sensorik nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerlogik durch Zählen der durch die Gebersegmente ausgelösten Steuersignale zwischen der Lücke und der rechnerisch bestimmten Kurbeltriebstellung die Drehrichtung des Motors ermittelt.
11. Sensorik nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lücke in Vorwärtslaufrichtung des Motors gesehen 90° vor dem ersten oder einzigen Zylinder des Motors vorgesehen ist.
12. Sensorik nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Inkrementalgeber aus 36 Gebersegmenten besteht, von denen zwei zur Bildung der Lücke verkürzt oder ausgespart sind.
13. Sensorik nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Induktivsensor ist.

14. Sensorik nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Hall-Sensor ist.